

**IDENTIFICACIÓN DE LOS POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES POR EL
FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO (FRACKING) DE YACIMIENTOS NO
CONVENCIONALES**



CAROLINA BORBÓN BONILLA

2700622

ESPECIALIZACIÓN EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO INTEGRAL DE
LOS RECURSOS NATURALES

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

BOGOTÁ D.C.

2015

IDENTIFICACIÓN DE LOS POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES POR EL FRACTURAMIENTO HIDRAÚLICO (FRACKING) DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES

Carolina Borbón Bonilla
Geóloga, Auditor Senior, Agencia Nacional de Hidrocarburos, Bogotá, Colombia
carolinaborbon@gmail.com

RESUMEN

En Colombia el fracturamiento hidráulico sería una técnica nueva para la explotación de YNC, sin embargo y considerando los impactos negativos al medio ambiente identificados por la comunidad internacional, tales como: contaminación de aguas superficiales y subterráneas, contaminación de suelos, contaminación atmosférica, generación de sismos, entre otros; dicha técnica podría causar daños ambientales semejantes a los mencionados e inclusive de mayor impacto, ya que el país no tiene una línea base que ofrezca conocimiento sobre la hidrogeología, neotectónica, tectónica activa, geología detallada a nivel local, identificación y caracterización de ecosistemas, de las áreas a ser intervenidas para la explotación de Hidrocarburos No Convencionales mediante la técnica del fracking. Sin embargo, el estado Colombiano ha adjudicado contratos con el objetivo de explotar dicho recurso natural, así mismo, ha estipulado normas y leyes que presentan vacíos técnicos y jurídicos, evidenciando claramente que el país no está preparado para llevar a cabo la aplicación del fracturamiento hidráulico en la extracción de YNC.

IDENTIFICATION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS POSSIBLE FROM HYDRAULIC FRACTURING (FRACKING) IN UNCONVENTIONAL RESERVOIRS.

ABSTRACT

In Colombia hydraulic fracturing would be new technique for the exploitation of unconventional reservoirs, however, and considering the negative impacts to environment identified by the international scientific community, such as: pollution of surface water and groundwater, soil contamination, air pollution, the triggering of earthquakes, among others; this technique could cause environmental damage like those above and even greater problems, because the country does not have a

baseline that provides knowledge about hydrogeology, neotectonic, active tectonics, detailed local geology, identification and characterization of ecosystems, in the areas to be tapped for the exploitation of unconventional hydrocarbons using the technique of fracking. However, the Colombian Government has awarded contracts in order to exploit this natural resource, likewise, it has stipulated rules and laws that have technical and legal gaps, clearly showing that the country is not prepared to carry out the application of hydraulic fracturing in the extraction of hydrocarbons from unconventional reservoirs.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la extracción de Hidrocarburos mediante el fracturamiento hidráulico o fracking no es una técnica nueva, ya que desde algunas décadas ha sido empleada para la exploración y producción de petróleo. Sin embargo, a principios de los años ochenta y noventa se empleó dicha técnica específicamente en la explotación de HYNC.

El tema del fracturamiento hidráulico ha generado mucha polémica en la comunidad internacional debido a los impactos socio-ambientales entre los que se destaca daños a la salud, contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Sin embargo y teniendo en cuenta dichos antecedentes, en Colombia la Agencia Nacional de Hidrocarburos ha adjudicado bloques para la exploración y producción de yacimientos no convencionales, ubicados principalmente en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena.

Teniendo en cuenta lo anterior y partiendo del Principio de Precaución señalado en la Ley 99 de 1993 artículo 1 numeral 6, es muy importante conocer las áreas e identificar los posibles impactos ambientales que podría llegar a ocasionar en el territorio Nacional la implementación del fracking para la exploración y explotación de YNC. En consecuencia, la comunidad debe estar informada sobre los conceptos técnicos generales, la normatividad vigente y las posibles afectaciones de los recursos naturales que conllevaría la ejecución de nuevos proyectos.

METODOLOGIA

El desarrollo del presente trabajo se realizó de la siguiente manera:

- Revisión de documentos académicos sobre la técnica del fracking. Así como, consultar las experiencias internacionales sobre los daños que trae consigo dicha técnica en el ámbito natural.
- Posteriormente, y efectuando consultas en la página web de la ANH, se identificaran las áreas o bloques que han sido ofertados y/o adjudicados para la explotación de YNC por la Agencia Nacional de Hidrocarburos, con el propósito de determinar si existen zonas de interés ambiental en los bloques y que éstas posiblemente se vean afectadas por la técnica fracking.
- Consultar la normatividad ambiental Nacional y determinar si la misma contempla las medidas de prevención y mitigación ante una situación de riesgo causada por la aplicación de la técnica del fracking.
- Finalmente, con la información adquirida, plantear sugerencias y conclusiones sobre la exploración y explotación de YNC en el país.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El petróleo y sus derivados se han convertido en la principal fuente de energía y ha conllevado al desarrollo industrial de poblaciones. Sin embargo, es evidente que dicho recurso se está agotando debido al incremento demográfico que demanda mayor energía no solo del sector industrial sino de la población en general. Por lo anterior, países desarrollados, como Estados Unidos, a mediados del siglo XX, implementaron la exploración y explotación de petróleo en YNC mediante la técnica del Fracking o Fracturamiento Hidráulico, obteniendo producciones marginales; posteriormente y gracias al desarrollo tecnológico, a partir de los años ochenta y noventa, la producción en los YNC experimentó un avance significativo en Estados Unidos y Canadá. Abellán [3].

Expuesto lo anterior, es necesario tener claro los siguientes conceptos:

HIDROCARBURO CONVENCIONAL: son los que tradicionalmente se han producido y han representado la principal fuente energética de la humanidad. Presentan las siguientes características geológicas: i) se han generado en una roca madre (Lutita que es una roca sedimentaria rica en materia orgánica) y ha migrado a una roca reservorio, y ii) las rocas reservorio (áreas, areniscas y calizas) en las se encuentran y de las que se extraen son rocas porosas y permeables. Conama [1]. Estas características permiten que el hidrocarburo fluya con relativa facilidad desde la roca al pozo. Por lo cual, rocas tales como areniscas y calizas que contienen hidrocarburos se denominan yacimientos convencionales.

HIDROCARBURO NO CONVENCIONAL: Se tienen varios tipos de acumulaciones no convencionales de hidrocarburos, tales como Hidrato de gas, Oil sands, Coal Bed Methane (CBM), Tight gas (gas en arenas compactas), Shale gas y Shale oil. Los dos últimos se encuentran almacenados en la roca madre (roca lutita que es poco porosa y permeable) en la que se generaron, es decir, la roca madre del sistema es también la roca reservorio y son denominados yacimientos no convencionales. Conama [1].

Es importante precisar que, los hidrocarburos convencionales y no convencionales son idénticos, composicional y genéticamente, las diferencias no radican ni en su génesis ni en su composición, sino exclusivamente en las rocas que se encuentran y en la forma de extraerlos. Una de las diferencias es que los convencionales han migrado a una roca reservorio permeable (yacimiento

convencional) y los no convencionales permanecen en la roca madre donde se generaron (yacimiento no convencional). Conama [1].

La extracción de yacimientos convencionales se realiza a partir de pozos verticales, en algunas ocasiones con unos grados de inclinación, en cambio para la extracción de YNC se emplean pozos horizontales que permiten entrar en contacto con una mayor superficie de la formación y esto lo convierte en más productivos, pero son más costosos que los pozos verticales (ver figura No. 1). López [4].

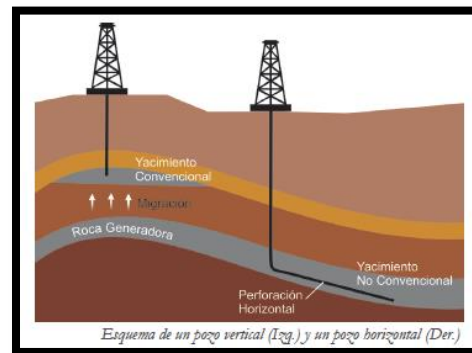


Figura 1. Pozo Vertical para la extracción de yacimientos convencionales y Pozo Horizontal para yacimientos no convencionales.

Fuente: López, 2013.

FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO: También denominado fracking, estimulación hidráulica y/o hidrofractura, es una técnica por la cual la roca madre (lutita) es fracturada mediante la inyección de fluidos a altas presiones con una mezcla de agua, productos químicos y arena, con la finalidad de generar fisuras artificiales en la roca (ver figura No. 2) y hacer fluir el petróleo al pozo a través de las fracturas artificialmente generadas; las fracturas permanecen abiertas gracias a la colocación o apuntalamiento de arena u otro material granular. Bustos [3].

La mencionada técnica es empleada principalmente para la extracción de hidrocarburos no convencionales del tipo Oil Shale y Gas Shale, es decir petróleo en lutitas y gas en lutitas, respectivamente.

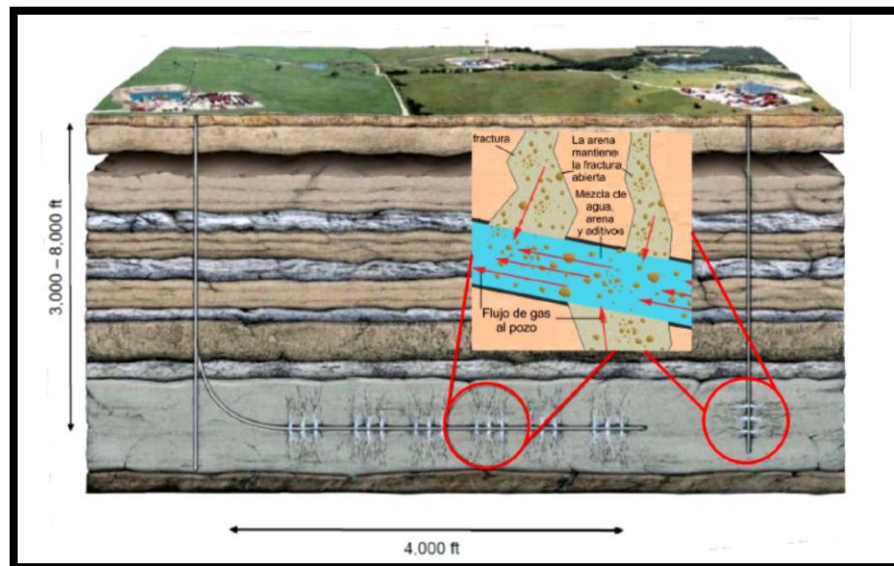


Figura 2. En círculo rojo el Fracturamiento hidráulico de la formación rocosa.
Fuente: Bustos, 2013.

DESCRIPCIÓN PERFORACIÓN DE POZO EXPLORATORIO: El primer paso es preparar la plataforma en la que el equipo de perforación va a ser ensamblado, dicha plataforma es conocida como locación, ocupando entre 2 a 5 hectáreas de área.

La perforación de un pozo consiste en realizar en el subsuelo un hueco vertical, inclinado u horizontal, alcanzando profundidades que van en promedio de 3 a 6 km con el objetivo de llegar a la formación posiblemente productora de hidrocarburos. Si el pozo realizado no contiene hidrocarburos es considerado como seco, pero si lo contiene, pasa a la fase de producción y el pozo es denominado como productor. Cerca al pozo productor se perforan más pozos para determinar la dimensión del yacimiento. Ardila [3]. El proceso de perforación se lleva a cabo ininterrumpidamente las 24 horas del día durante meses.

Tanto en la perforación de pozos para yacimientos convencionales y no convencionales, las etapas del proyecto en la fase de perforación exploratoria son semejantes, sin embargo cuando el pozo pasa a la fase de producción, esta fase tiene marcadas diferencias técnicas y operativas entre la explotación de yacimientos convencionales y no convencionales, una de ellas es que en la extracción de hidrocarburos no convencionales se requiere de la aplicación de la técnica de fracking, la cual demanda mayor uso de agua y según la experiencia

internacional ha ocasionado daños ambientales irreversibles, los cuales se describen en el capítulo 4.1 .

1. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

1.1 ESTADOS UNIDOS, ha sido el principal impulsor de la fractura hidráulica y mediante la cual obtienen actualmente las mayores producciones, a nivel global, de gas y petróleo procedentes de YNC. Sus producciones comerciales se remontan desde los años noventa en Texas y Pensilvania; y alrededor de 30 estados como Ohio, Arkansas, Louisiana y Oklahoma explotan yacimientos no convencionales a partir del fracking. Sin embargo, algunas regiones, en donde se practica esta técnica, presentan elevados déficits hídricos (sequía), como Texas, Colorado o parte de California. Abellán [3]. Es así como en los últimos años, varias organizaciones, entre ellas: ONG de Boston CERES, USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos), Universidad de Vermont, Universidad de Stanford y otras, realizaron diferentes estudios en los Estados donde se emplea el fracking, encontrando que dicha técnica ocasiona serios impactos al medio ambiente, tales como aceleración del cambio climático, contaminación del aire, contaminación del suelo, inducción de actividad sísmica, contaminación de fuentes de agua superficial y subterránea, y para resaltar daños a la salud pública; por lo anterior, Estados Unidos es también uno de los países que ha avanzado en determinar y analizar los impactos negativos e irreversibles, que genera la explotación de YNC, para la salud del ser humano y el medio ambiente.

1.2 CANADÁ, de las 35.000 operaciones de fracking realizadas al año en todo el mundo, Canadá es junto con Estados Unidos el país que presenta el mayor número, ya que en Canadá las reservas de gas en lutitas son considerables, lo que se ve apoyado en dicho país por una infraestructura para la producción y exportación de gas natural bien desarrollada. Abellán [3].

1.3 ARGENTINA, en el año 2011, publicó el yacimiento de gas en lutita de Vaca Muerta, el cual sería el más grande fuera de América del Norte, y situaría a Argentina entre los principales productores mundiales de hidrocarburos no convencionales durante las próximas décadas. Abellán [3].

1.4 OTROS PAÍSES DE AMÉRICA DEL SUR: Según la Agencia de Energía de Estados Unidos, en orden de mayor a menor lugar en poseer grandes

reservas de gas en lutita, se encuentra Brasil, seguido de Venezuela, Paraguay, Colombia y Chile. Abellán [3].

2 ZONAS CON YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES EN COLOMBIA

Según la Agencia de Energía de Estados Unidos, Colombia presenta un potencial alto de YHNC. Así mismo, la Asociación Colombiana del Petróleo (ACP), considera que la explotación de YNC es una oportunidad para incrementar las reservas y producción del país, autoabastecer energéticamente a la Nación, consolidar su perfil exportador de hidrocarburos y aumentar los recursos por cuenta de la renta petrolera. Adicionalmente, la ACP estima que los proyectos de YNC generaran empleos directos e indirectos en las regiones donde se llevaran a cabo dichos proyectos, permitiendo un desarrollo económico para la región en general. El País [5].

En la tabla No. 1 se puede apreciar que la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), desde el año 2012 adjudicó áreas en donde las compañías operadoras de cada bloque o contrato, podían llevar a cabo la exploración y producción de YNC.

Los bloques adjudicados por la ANH para explorar YNC, se encuentran ubicados en cuencas sedimentarias que por lo general gozan de los ecosistemas biológicos más diversos del mundo, esto conlleva a la necesidad de desarrollar una sensibilidad ambiental en las actividades de exploración y producción de recursos energéticos con la preservación del entorno natural. Por lo anterior, la sensibilidad ambiental en cada una de las cuencas sedimentarias incluye. upme [1]:

- ✓ Parques nacionales/regionales, áreas naturales, bosques, comunidades indígenas, santuarios y áreas privadas para la conservación.
- ✓ Recursos acuíferos (humedales, pantanos, reservorios de agua y lagos, ríos y sus principales afluentes).
- ✓ Biodiversidad de flora y fauna.
- ✓ Área de acción de ONGs e instituciones gubernamentales focalizadas en el mantenimiento de la biodiversidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, la actividad de exploración y producción de HYNC podría afectar la sensibilidad ambiental de las cuencas sedimentarias, y aún más, aquellas cuencas que limitan con áreas donde se encuentran reservas y parques nacionales de grandes dimensiones, entre ellas las del Valle Inferior,

Medio y Superior del Magdalena, Tumaco, Cauca, Patía, Caguán - Putumayo y Sinú - San Jacinto (ver tabla No. 1).

La cuenca sedimentaria del Valle Medio del Magdalena es una zona que manifiesta un alto potencial de formaciones conformadas por litologías que cumplen con las características de baja permeabilidad y porosidad, como la Formación La Luna, en la cual se pueden llevar a cabo perforaciones del tipo exploratorio para YHNC, como el Oil Shale y Gas Shale.

TIPO	CONTRATO	PROCESO COMPETITIVO
E&P	CAT 3	Ronda Colombia 2012
E&P	COR 62	Ronda Colombia 2012
E&E	LA LOMA	Contratación Directa E&P
E&P	VMM 16	Ronda Colombia 2012
E&P	VMM 29	Ronda Colombia 2012
E&P	VMM 5	Ronda Colombia 2012
E&P	VMM 9	Ronda Colombia 2014

Tabla 1. Bloques adjudicados por la ANH para la exploración y producción de yacimientos no convencionales en Colombia.

Fuente: ANH [5].

En la Ronda Colombia 2014, la ANH adjudicó 25 contratos, de los cuales 24, son del tipo costa afuera y continental para la prospectividad de yacimientos convencionales, y un contrato del tipo continental para la prospección de YNC.

En tabla No. 2 se encuentra el listado de cuencas sedimentarias, departamentos y municipios que ocupan los contratos actualmente vigentes con la ANH, y donde se llevará a cabo proyectos de exploración y producción de YNC posiblemente aplicando la técnica de fracking, en el país.

Tabla 2. Listados de las Cuencas Sedimentarias, Departamentos y Municipios del territorio nacional en cercanías a Parques Nacionales.

Nombre del Bloque/ Contrato	Cuenca Sedimentaria	Departamento	Municipio	Presencia de Parques Nacionales por departamento
CAT-3	Catatumbo	Norte Santander	de Bochalema, Chinácota, Cucúta, Durania, El Zulia,Gramalote, Herrán, Los Patios, Pamplonita, Ragonvalia, Salazar, San Cayetano, Santiago, Sardinata y Villa del Rosario	PNN Catatumbo Bari.

Nombre del Bloque/ Contrato	Cuenca Sedimentaria	Departamento	Municipio	Presencia de Parques Nacionales por departamento
COR-62	Valle Superior del Magdalena	Tolima	Cunday, Villarica, Purificación, Melgar, Icononzo, Carmen de Apicala, Dolores, Prado.	PNN Las Hermosas. PNN Nevado del Huila.
VMM-3	Valle Medio del Magdalena	Cesar Santander	Aguachica, San Martin, San Alberto. Puerto Wilches.	PNN Serranía de los Yariguíes. SFF Guanentá
VMM-5	Valle Medio del Magdalena	Antioquia Santander	Puerto Berrio-Yondó. Barrancabermeja, Cimitarra, Puerto Parra.	PNN Katíos. PNN Paramillo. PNN Orquídeas. PNN Serranía de los Yariguíes. SFF Guanentá
VMM-9	Valle Medio del Magdalena	Santander	Cimitarra	PNN Serranía de los Yariguíes. SFF Guanentá
VMM-16	Valle Medio del Magdalena	Antioquia Boyacá Caldas Cundinamarca Tolima	Sonsón, Puerto Boyaca, Norcasia, Victoria, La Dorada, Puerto Salgar, Mariquita, Lérída, Honda, Armero y Falan	PNN Katíos. PNN Paramillo. PNN Orquídeas. PNN Pisba. SFF de Iguaque. PNN Selva de Florencia. PNN Chingaza. PNN Sumapaz. PNN Las Hermosas. PNN Nevado del Huila.
VMM-29	Valle Medio del Magdalena	Cundinamarca Tolima	Agua de Dios, Anapoima, Anolaima, Apulo, Arbeláez, Beltran, Cachipay, Fusagasugá, Guataquí, Jerusalén, La Mesa, Nilo, Pulí, Quipile, San Juan de Rioseco, Tibacuy, Tocaima y Viota. Alvarado, Ambalema, Armero, Coello, Icononzo, Lérída, Melgar Piedras y Venadillo.	PNN Chingaza. PNN Sumapaz. PNN Las Hermosas. PNN Nevado del Huila.

3 IMPACTOS AMBIENTALES

3.1 IMPACTOS AMBIENTALES PROBADOS POR LA COMUNIDAD

INTERNACIONAL: Algunos países, como Estados Unidos, han avanzado considerablemente en la identificación de los principales impactos negativos que genera el uso del fracturamiento hidráulico en la fase de explotación de YNC, tales como:

3.1.1 Necesidades de grandes volúmenes de agua: la cantidad de agua que se utiliza en un pozo para el fracturamiento hidráulico varía con la geología del yacimiento pero en los YNC en Norte América, típicamente está alrededor de los 5 a 12 millones de galones por pozo (19 a 46 millones de litros de agua por pozo). La extracción extensiva de aguas puede abatir los niveles freáticos, conllevando a una pérdida significativa de agua a largo plazo, afectando el ciclo hidrológico. Fierro [4].

El fracturamiento hidráulico requiere de un 90% de agua, un 9.5% de Arena y 0.5% de aditivos; del porcentaje de agua a emplear, el recobro de agua, también conocido como fluido recuperado (flowback) es alrededor de un 15% a 70% con riesgo de contaminación por los aditivos del fluido, gases y minerales pesados de la roca reservorio. Fierro [4].

3.1.2 Contaminación del agua: Es una de las principales apreciaciones que se deben tener en cuenta antes, durante y después de la implementación de la técnica del fracturamiento hidráulico, ya que es un impacto irreversible para el medio ambiente.

En la comunidad internacional los casos de contaminación de aguas subterráneas más estudiados y conocidos, son los de contaminación por gas metano. La Duke University de Durham, en Carolina del Norte, en Estados Unidos, analizó la cantidad de metano en una muestra de 68 pozos de agua dulce en los estados de Pensilvania y Nueva York, comprobando que el 85% del gas metano era termogénico, es decir provenía de la explotación de gas no convencional a partir del fracking; mientras que los pozos más alejados y con menor concentración de metano era principalmente de origen biogénico, esto es, una contaminación natural del agua. Asamblea contra la Fractura Hidráulica [1].

Otro ejemplo de contaminación de aguas lo detectó la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Wyoming, realizando un muestreo de agua potable a petición de los habitantes de Pavillon, encontrando contaminación de aguas por bencenos, formaldehídos, metales y otros químicos que son empleados en la fractura hidráulica. Asamblea contra la Fractura Hidráulica [1].

En la elaboración del fluido que se emplea para inyectar en el YNC se emplea varios productos químicos que se relacionan en la tabla No. 2.

Tabla 2. Muestra los principales compuestos químicos empleados para la elaboración de fluido en la fractura hidráulica.

Tipo de sustancia	Función
Hipoclorito de sodio	Acondicionamiento del agua, control microbiano.
Glutaraldehído	Control microbiano
Hidróxido de sodio (soda caustica)	Ajuste del pH para el fluido de fractura
Ácido clorhídrico (ácido muriático) (33%)	Disolver carbonatos, bajar el pH.
Carbonato de sodio (natrón)	Ajuste de pH para el fluido de fractura
Bicarbonato de sodio	Ajuste de pH para el fluido de fractura
Ácido acético	Estabilizador de hierro para la mezcla de ácido clorhídrico
Cloruro de potasio	Control de la expansión de arcillas
Goma guar	Gelificante
Sales de Borato/ácido bórico	Para reticular el fluido de fractura
Enzima hemi celulósica	Ruptor de gel. Rompe las cadenas poliméricas
Enzimas	Ruptor de gel. Rompe las cadenas poliméricas
Surfactantes	Tensioactivos: para reducir las tensiones superficiales e interfaciales
Sílica (arena)	Agente de sostén
Resina acrílica	Agente de sostén (recubrimiento de granos de agente de sostén).

Fuente: López, 2013.

3.1.3 Contaminación atmosférica: En Estados Unidos, la explotación de gas de YNC libera grandes cantidades de componentes orgánicos volátiles que pueden producir ozono al mezclarse con los óxidos de nitrógeno producidos por los motores diésel que se utilizan en la inyección, presurización, bombeo transporte, etc. En Fort Worth, ciudad del estado de Texas, estudios confirmaron que en las instalaciones de

explotación de gas en lutitas, presentaron emisiones de altos niveles de ozono, BTEX (son bencenos, normalmente en forma de toluenos, etilbenceno y xileno) y sulfuros, estos resultan altamente peligrosos para la salud humana. Asamblea contra la Fractura Hidráulica [1].

3.1.4 Gases efectos Invernadero: El gas natural está formado en un 97% por metano (CH_4), 23 veces más potente que el CO_2 como gas de efecto invernadero. Su ciclo de vida completo engloba las emisiones desde que se inicia su extracción hasta su combustión final para producir energía. Un estudio realizado por un equipo de la Cornell University de Ithaca, Nueva York, ha calculado que entre un 3,6 y un 7,9% del gas que se obtiene en un pozo de gas de lutita escapa al ambiente a lo largo del proceso. Una parte escapa cuando emerge el fluido de retorno y durante la extracción del equipo utilizado para la fractura (1,9%). Asamblea contra la Fractura Hidráulica [1].

3.1.5 Sismicidad: El ejército y servicio geológico de los Estados Unidos, tras más de 50 años de investigación han confirmado a nivel federal que la inyección de fluido de fracking introduce inestabilidad a niveles subterráneos y es un factor que induce una mayor actividad sísmica. Asamblea contra la Fractura Hidráulica [1].

3.1.6 Residuos: Como se mencionó anteriormente, alrededor de un 15% a 70% de agua es recuperada del volumen inyectado para el fracturamiento hidráulico. Por lo tanto, una plataforma de explotación estándar de 6 pozos generarían entre 13.500 y 72.000 toneladas de agua residual que es almacenada en piscinas en la misma locación, conllevando a la evaporación de los residuos que ocasionaran contaminación atmosférica. Sin embargo, en Estados Unidos la mayoría de los industriales que explotan gas de lutita, se deshace de estos residuos inyectándolos en el subsuelo, constituyendo otra fuente potencial de contaminación de aguas subterráneas. Asamblea contra la Fractura Hidráulica [1].

3.2 APLICACIÓN DEL PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN A NIVEL INTERNACIONAL: Con base en este principio algunos países y ciudades han establecido moratorias a la fractura hidráulica, mientras que estudia con mayor exactitud los riesgos que implica. Sin embargo, otros países prohibieron dicha técnica ya que consideraron probados los efectos negativos en el medio ambiente y en el ser humano, como Francia, donde el parlamento y el senado prohibieron la explotación de hidrocarburos mediante la fractura

hidráulica. Y países como Alemania, Inglaterra, Suiza, Estados Unidos, Canadá, Sudáfrica y Australia, optaron por suspender proyectos y aplicar moratoria, sin establecer una prohibición como tal. Asamblea contra la Fractura Hidráulica [1].

3.3 MATRIZ DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL: A continuación se empleará la metodología de Ecopetrol para la identificación y evaluación de los impactos ambientales en la perforación de un pozo para la fase exploratoria; contemplando solo las etapas de construcción y adecuación de la vía de acceso, construcción de la locación y desarrollo de la operación de perforación, dichas etapas son similares tanto para pozos exploratorios en busca de yacimientos de hidrocarburos convencionales como no convencionales.

De acuerdo con los resultados de la Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales para la perforación de un pozo exploratorio, el proyecto esta evaluado con un impacto medio, puesto que las actividades son locales y no requieren de obras de carácter permanente.

En la etapa de construcción de la locación predomina el impacto medio, debido a que aspectos tales como, disposición de sobrantes y construcción de campamentos, piscinas, campos de infiltración y pozos sépticos, generan impactos negativos en el recurso hídrico, cambios en los componentes paisajísticos, afectación a comunidades de fauna y flora, deterioro en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, así como el cambio del uso del suelo.

En la etapa de desarrollo de la operación, están los principales impactos ambientales que genera el proyecto, y es la disposición de residuos líquidos, residuos sólidos y disposición de cortes de perforación, que van incrementando a medida que el pozo es más profundo. Dichos residuos tienen un carácter peligroso y tóxico, que pueden llegar a contaminar el suelo, alterar la biota acuática y ocasionar daños severos e irreversibles a fuentes de agua superficiales y subterráneas.

Con respecto al aspecto de demanda de agua para el campamento (uso doméstico) y la perforación (generación de lodo), la significancia del impacto es alta, ya que aproximadamente se emplean 400 barriles diarios de agua, la cantidad total de agua a utilizar dependerá de los días que dure las actividades operacionales. Dicho aspecto puede conllevar a cambios en la

disponibilidad de aguas superficial y subterránea, cambios en la dinámica hídrica y variaciones en el nivel freático, lo cual representa un impacto negativo en el recurso hídrico.

Como se mencionó anteriormente, en la fase de explotación de yacimientos Convencionales y No Convencionales, las diferencias para la extracción del hidrocarburo son tanto técnicas como de tipo ambiental, ya que para aprovechar el petróleo o gas depositado en el yacimiento no convencional se emplea la técnica de fracking, la cual requiere de gran cantidad de agua, conllevando a impactos altos en el recurso hídrico.

Tabla 3. Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental para la perforación de un pozo exploratorio.

EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN LA PERFORACIÓN DE UN POZO EXPLORATORIO													
ETAPA	ASPECTO	IMPACTO AMBIENTAL	M	E	T	Ex	Rs	R'	A	IAI	NIV. IMPORTAN	PROBABILI DAD	SIGNIFICANCIA (SAI)
CONSTRUCCIÓN Y ADECUACIÓN DE LA VÍA DE ACCESO	Descapote y desmonte	Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	3	3	2	1	3	2	2	16	Localizado	A	Baja
		Pérdida de la capa orgánica del suelo	2	3	2	1	3	2	2	15	Menor	A	Baja
		Remoción de la cobertura vegetal natural	2	3	2	1	3	2	2	15	Menor	A	Baja
	Cortes y excavaciones	Generación de procesos erosivos	3	3	2	2	3	2	2	17	Localizado	A	Baja
		Modificación en la estabilidad del terreno	2	3	2	2	3	2	2	16	Localizado	A	Baja
		Modificación de geoformas del terreno	2	3	2	2	3	2	2	16	Localizado	A	Baja
	Construcción de obras necesarias (drenajes, alcantarillas, cunetas, etc)	Pérdida de la capa orgánica del suelo	2	3	2	1	4	3	2	17	Localizado	A	Baja
		Remoción de la cobertura vegetal natural	2	3	2	1	4	3	2	17	Localizado	A	Baja
		Alteración de las aguas superficiales	2	3	2	1	3	3	2	16	Localizado	A	Baja
		Afectación a comunidades faunísticas terrestres	2	3	2	1	4	3	2	17	Localizado	A	Baja
	Construcción de botaderos	Cambios en la percepción de los componentes paisajísticos	3	3	3	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media
		Alteración de las aguas superficiales	3	3	3	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media
		Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	3	3	3	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media
		Alteración de las propiedades del agua subterránea	3	3	3	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media
	Movilización de maquinarias y equipos	Incrementos de niveles de ruido	1	3	1	3	2	3	2	15	Menor	A	Baja
		Afectación a comunidades faunísticas terrestres y avifauna	1	3	1	3	2	3	2	15	Menor	A	Baja
		Pérdida de la capa orgánica del suelo	1	3	1	3	2	3	2	15	Menor	A	Baja
		Remoción de la cobertura vegetal natural	1	3	1	3	2	3	2	15	Menor	A	Baja
CONSTRUCCIÓN DE LA LOCACIÓN	Remoción de suelo y cobertura vegetal	Pérdida de la capa orgánica del suelo	2	3	2	1	3	2	2	15	Menor	A	Baja
		Generación de procesos erosivos	2	3	2	1	3	2	2	15	Menor	A	Baja
		Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	2	3	2	1	3	2	2	15	Menor	A	Baja
	Explanación, rellenos y terraplenes	Pérdida de la capa orgánica del suelo	2	3	2	1	4	4	2	18	Localizado	A	Baja
		Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	2	3	2	1	4	4	2	18	Localizado	A	Baja
		Remoción de la cobertura vegetal natural	2	3	2	1	4	4	2	18	Localizado	A	Baja
		Afectación a comunidades faunísticas terrestres	2	3	2	1	4	4	2	18	Localizado	A	Baja
		Cambios en la percepción de los componentes paisajísticos	2	3	2	1	4	4	2	18	Localizado	A	Baja

EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN LA PERFORACIÓN DE UN POZO EXPLORATORIO													
ETAPA	ASPECTO	IMPACTO AMBIENTAL	M	E	T	Ex	Rs	R'	A	IAI	NIV. IMPORTAN	PROBABILIDAD	SIGNIFICANCIA (SAI)
CONSTRUCCIÓN DE LA LOCACIÓN	Disposición de sobrantes	Alteración de las aguas superficiales	3	3	2	3	4	4	4	23	Mayor	B	Media
		Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	3	3	3	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media
		Afectación a comunidades faunísticas terrestres	3	3	3	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media
		Alteración de las propiedades del agua subterránea	3	3	3	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media
	Construcción del campamento, piscinas, campo de infiltración y pozo séptico	Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	4	3	2	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media
		Afectación a comunidades faunísticas terrestres y avifauna	4	3	2	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media
		Alteración de las propiedades del agua subterránea	4	3	2	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media
		Alteración de las propiedades del agua superficial	4	3	2	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media
		Presión sobre infraestructura bienes, insumos y servicios	4	3	2	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media
		Cambios en la percepción de los componentes paisajísticos	4	3	2	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media
		Remoción de la cobertura vegetal natural	4	3	2	1	4	4	4	22	Mayor	B	Media
		Perdidas de Hábitats	4	3	2	1	4	4	4	22	Mayor	B	Media
	Movilización y montaje de maquinarias y equipos	Incrementos de niveles de ruido	2	3	2	1	3	3	2	16	Localizado	A	Baja
		Afectación a comunidades faunísticas terrestres y avifauna	2	3	2	1	3	3	2	16	Localizado	A	Baja
		Pérdida de la capa orgánica del suelo	2	3	2	1	3	3	2	16	Localizado	A	Baja
		Remoción de la cobertura vegetal natural	2	3	2	1	3	3	2	16	Localizado	A	Baja
		Cambios en la percepción de los componentes paisajísticos	2	3	2	1	3	3	2	16	Localizado	A	Baja
DESARROLLO DE LA OPERACIÓN DE PERFORACIÓN	Perforación	Alteración de las propiedades del agua subterránea	3	3	2	1	3	4	2	18	Localizado	A	Baja
		Alteración de las propiedades del agua superficial	3	3	2	1	3	4	2	18	Localizado	A	Baja
		Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	3	3	2	1	3	4	2	18	Localizado	A	Baja
		Alteración de la dinámica socioambiental	3	3	2	1	3	4	2	18	Localizado	A	Baja
	Disposición de corte de perforación	Alteración de las propiedades del agua subterránea	3	3	3	2	4	4	2	21	Localizado	B	Media
		Alteración de las propiedades del agua superficial	3	3	3	2	4	4	2	21	Localizado	B	Media
		Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	3	3	3	2	4	4	2	21	Localizado	B	Media
		Pérdida de la capa orgánica del suelo	3	3	3	2	4	4	2	21	Localizado	B	Media
		Remoción de la cobertura vegetal natural	3	3	3	2	4	4	2	21	Localizado	B	Media
	Residuos sólidos (empaques, bolsas, maderas)	Alteración de las propiedades del agua subterránea	3	3	3	3	4	4	2	22	Mayor	B	Media
		Alteración de las propiedades del agua superficial	3	3	3	3	4	4	2	22	Mayor	B	Media
		Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	3	3	3	3	4	4	2	22	Mayor	B	Media
		Cambios en la percepción de los componentes paisajísticos	3	3	3	3	4	4	2	22	Mayor	B	Media
	Residuos líquidos (agua, aceite, productos químicos)	Alteración a comunidades acuáticas	3	3	3	3	4	4	2	22	Mayor	B	Media
		Alteración de las propiedades del agua subterránea	3	3	3	3	4	4	2	22	Mayor	B	Media
		Alteración de las propiedades del agua superficial	3	3	3	3	4	4	2	22	Mayor	B	Media
		Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	3	3	3	3	4	4	2	22	Mayor	B	Media
	demanda de agua para el campamento (uso doméstico) y la perforación (generación de	Cambio en la dinámica hídrica	4	6	4	4	4	4	4	30	Masivo	D	Alta
		Cambio en la disponibilidad del recurso hídrico superficial	4	6	4	4	4	4	4	30	Masivo	D	Alta
		Cambio en la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo	4	6	4	4	4	4	4	30	Masivo	D	Alta
		Cambio en el nivel freático	4	6	4	4	4	4	4	30	Masivo	D	Alta

3.4 PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN, POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES POR LA EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES EN COLOMBIA:

Teniendo como punto de partida los diferentes antecedentes de impactos ambientales identificados por la comunidad internacional y en aplicación de los postulados y contenidos de la Ley 99 de 1993, relacionados con el Principio de Precaución, la Contraloría General de la República –CGR, emitió un informe sobre los posibles riesgos asociados a la explotación hidrocarburos no convencionales mediante el fracking, obteniendo como resultado los siguientes hallazgos:

- Por parte del Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), no existen términos de referencia para la elaboración de estudios ambientales previos ni la normativa ambiental que defina el marco de la licencia ambiental específica en la fase de explotación de YHNC, teniendo en cuenta las particularidades de este tipo de explotación en cuanto a riesgos ambientales, uso de recursos naturales, en especial del recurso agua, afectación a formaciones geológicas en el subsuelo por el fracturamiento secundario, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, generación y disposición final de residuos peligrosos en el proceso, generación de sismicidad y riesgos por reactivación de zonas tectónicas activas, reinyección de aguas contaminadas o no tratadas en el subsuelo. CGR [1].
- La Agencia Nacional de Hidrocarburos, adjudicó bloques para la exploración y producción de YHNC en la Ronda 2014, sin tener un marco regulatorio ambiental ni el conocimiento básico que permita definir restricciones ambientales sobre la implementación del fracking para la explotación de dichos yacimientos, conllevando a altos riesgos ambientales y los cuales son conocidos a nivel internacional. CGR [1].
- El Ministerio de Minas y Energía (MME) ha emitido la Resolución No. 90341 del 27 de marzo de 2014, la cual una vez evaluada por la CGR, presentó las siguientes deficiencias CGR [1]:

No refleja criterios de prevención y precaución, evidenciados por la falta de información y conocimiento específico en materia a la explotación de YHNC.

Aborda la generación de la línea base ambiental en aspectos como hidrogeología y sismotectónica de una manera general, a escalas inadecuadas y mapas que datan de 1977 y 1989, lo cual no permite realizar un adecuado control frente a posibles daños ambientales asociados por la explotación de YHNC.

La información técnica que sirvió como soporte para la generación de la Resolución, se soportó fundamentalmente en conocimiento de condiciones geológicas y campos de producción de extracción de YHNC localizados en otros países, es decir no consideraron las condiciones del medio ambiente colombiano.

La resolución no incluye la obligación a las operadoras, que van a desarrollar proyectos de exploración y producción de YHNC, de presentación de informes sobre la extracción del hidrocarburo ni las captaciones de agua para este tipo de explotaciones.

4 NORMATIVIDAD EN COLOMBIA SOBRE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES

La tabla No. 4, relaciona los diferentes actos administrativos emitidos por los órganos creadores y aplicadores de normas para la exploración y explotación de YNC en el territorio Colombiano.

Tabla 4. Normas y decretos expedidos por las Entidades competentes para la exploración y explotación de yacimientos no convencionales.

Fecha	Entidad Origen	Entidad Destino	Tipo de documento	Descripción
04-may-12	ANH	Empresas operadoras de Hidrocarburos	Acuerdo No. 4	Por el cual se establecen criterios de administración y asignación de áreas para la explotación de los hidrocarburos propiedad de la Nación: se expide el reglamento de contratación correspondiente, y se fijan reglas para la gestión y seguimiento de los respectivos contratos.
16-may-12	MME	Empresas operadoras de Hidrocarburos	Resolución 180742	Por la cual se establecen los procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no

Fecha	Entidad Origen	Entidad Destino	Tipo de documento	Descripción
				convencionales.
07-sep-12	CGR	MADS MME ANLA ANH	Oficio 2012EE0060 874	Función de advertencia. Principio de precaución y desarrollo sostenibles, posibles riesgos hidrocarburos no convencionales.
26-dic-13	MME	Empresas operadoras de Hidrocarburos	Decreto 3004	Por el cual se establecen los criterios y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.
20-mar-14	MADS	Empresas operadoras de Hidrocarburos	Resolución No. 0421	Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del estudio de Impacto Ambiental para los proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos y se toman otras determinaciones.
26-mar-14	ANH	Empresas operadoras de Hidrocarburos	Acuerdo No. 3	Por el cual se adiciona el Acuerdo No. 4 de 2012, con el objeto de incorporar al Reglamento de contratación para Exploración y Explotación de Hidrocarburos parámetros y normas aplicables al desarrollo de Yacimientos No Convencionales, y se dictan disposiciones complementarias.
27-mar-14	MME	Empresas operadoras de Hidrocarburos	Resolución No. 90341	Por la cual se deroga la Resolución No. 180742 de mayo de 2012 y por la cual se establecen los requerimientos técnicos y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.
02-may-14	ANH	Empresas operadoras de Hidrocarburos	Resolución No. 390	Por la cual se modifica la Resolución No. 187 del 19 de febrero de 2014, de asignación de bloques a la ronda 2014.

Fuente: Principio de Precaución y Desarrollo Sostenible, Posibles riesgos Hidrocarburos No Convencionales. Contraloría General de la Republica, 2014.

ABREVIATURAS

YHNC: Yacimiento de Hidrocarburos No Convencionales
YHC: Yacimiento de Hidrocarburos Convencionales
YNC: Yacimiento No Convencional
ANH: Agencia Nacional de Hidrocarburos
ANLA: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
MADS: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible
CGR: Contraloría General de la República
PNN: Parque Natural Nacional
SFF: Santuario de Flora y Fauna
MME: Ministerio de Minas y Energía
E&P: Exploración y Producción
E&E: Exploración y Explotación

CONCLUSIONES

Los yacimientos convencionales y no convencionales contienen igual hidrocarburo (petróleo y/o gas), su diferencia radica en que los convencionales se encuentran en rocas porosas y permeables (roca reservorio) y los no convencionales se encuentran en rocas con poca porosidad y de muy baja permeabilidad (roca madre o generadora de petróleo).

Estados Unidos, es el país pionero en la exploración y explotación de yacimientos no convencionales empleando la técnica de fracturamiento hidráulico, la primera extracción de este tipo de hidrocarburos data de 1946. Así mismo, varias organizaciones e instituciones de Estados Unidos, evidenciaron impactos ambientales severos e irreversibles a fuentes hídricas superficiales y subterráneas, incidencia en la generación de sismos, contaminación atmosférica, alto consumo de agua y daños a la salud pública, entre otros, debido a la aplicación de la técnica del fracking.

La ANH desde el año 2008, adjudicó contratos que permiten la exploración y producción de yacimientos no convencionales, ubicados en cuencas sedimentarias que ofrecen gran biodiversidad, diferentes ecosistemas e innumerables fuentes de recursos hídricos.

Teniendo en cuenta que para aplicar la técnica de fracking por cada proceso operativo de perforación se requiere de 5 a 12 millones de galones de agua, y considerando que cada año en Colombia se intensifica el fenómeno del niño, ocasionando épocas secas en regiones tales como el Caribe, los Llanos Orientales y la región Andina; se podría concluir que Colombia no está preparada para asumir la práctica de esta técnica.

La legislación Colombiana establecida para la explotación de yacimientos de hidrocarburos no convencionales mediante la técnica del fracking, presenta varios vacíos jurídicos y técnicos, ya que no se cuenta con la suficiente información sobre temas como hidrogeología (aguas subterráneas), neotectónica, tectónica activa y ecosistemas posiblemente afectados por la técnica.

BIBLIOGRAFIA

[1] Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA); (2012). El gas natural no convencional. El gas natural como energía puente entre el presente energético y el deseable futuro sostenible.

[1] Contraloría General de la República (CGR); (2014). Principio de Precaución y Desarrollo Sostenible, posibles riesgos Hidrocarburos No Convencionales, Bogotá, D.C., Informe de actuación especial AT No. 31 Seguimiento función de advertencia.

[1] Parlamento Europeo; (2011). Repercusiones de la extracción de gas y petróleo de esquisto en el medio ambiente y la salud humana. Bruselas.

[1] Unidad de Planeación Minero Energética (upme); (2012). Escenarios de Oferta y Demanda de Hidrocarburos en Colombia, Bogotá, D.C., La Imprenta Editores S.A.

[1] Asamblea contra la Fractura Hidráulica; (2011). La extracción de Gas No Convencional y la Fractura Hidráulica Permisos en Burgos, Madrid.

[3] ABELLÁN, A. (2014). Recursos No Convencionales Susceptibles de Ser Explotados Mediante Fracking; Madrid, 101 p. Trabajo fin de grado en Ciencias Ambientales. Facultad de Biología, Universidad de Murcia.

[3] BUSTOS, J. (2013), Aplicación de la Fractura Hidráulica en la Cuenca Oriente Ecuatoriana; Madrid, 59 p. Tesis Máster en Geología Ambiental y Recursos Geológicos, Especialidad en Cuencas Sedimentarias. Facultad de ciencias geológicas, Universidad Complutense.

[3] ARDILA, W. (2014). Impactos de la Industria Petrolera en el Medio Ambiente – UPSTREAM; Bucaramanga, 230 p. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero de Petróleos. Facultad de Ingenierías Físico Químicas, Universidad Industrial de Santander.

[4] López, E. [et.al.] (2013). El abecé de los hidrocarburos en reservorios no convencionales; En: Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, Vol. 2, pp. 1-20.

[4] Manzanares, J. (2014). Uso de agua en la extracción de gas de lutitas en el noreste de México. Retos de regulación ambiental; En: Estudios Sociales, Vol. XXII, pp. 171-197.

[4] FIERRO, J. (No disponible). Riesgos e Incertidumbres del Fracturamiento Hidráulico de Yacimientos No Convencionales. Ponencia en la universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C.

[4] SCHNEIDER, F. (Diciembre, 2014). Yacimientos No Convencionales. Ponencia presentada en la Agencia Nacional de Hidrocarburos, Bogotá, D.C.

[4] RODRIGUEZ, D. (Diciembre, 2014). El Principio de Precaución y El Fracturamiento Hidráulico, Ponencia presentada en la Universidad de los Andes, Bogotá, D.C.

[4] VANEGAS, O. (No disponible). ¿Qué es el Fracking? Charla presentada en reunión del Consejo Profesional de Ingeniería de Petróleos –CPIP, Bogotá, D.C.

[5] Agencia Nacional de Hidrocarburos (2015). Asignación de Áreas e Información Geológica y Geofísica. Consultada en agosto de 2015. En: <http://www.anh.gov.co/Asignacion-de-areas/Paginas/default.aspx> [2015].

[5] Agencia Nacional de Hidrocarburos (2015). No Convencionales. Consultada en septiembre de 2015. En: <http://www.anh.gov.co/Seguridad-comunidades-y-medio-ambiente/Estrategia%20Ambiental/Proyectos/Yacimientos-no-convencionales/Paginas/default.aspx>.

[5] Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2012). En: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=47141>

[5] El País: Colombia podría triplicar sus reservas de petróleo y gas con fracking: ACP (2014). En: <http://www.elpais.com.co/elpais/economia/noticias/colombia-podria-triplicar-sus-reservas-petroleo-y-gas-con-fracking-acp>